









GRAFITA



Grafita da região de Jequitinhonha-MG. Amostra do acervo do museu das minas e do metal. (foto da autora)

Juliane Belém

SUMÁRIO

1. ASPECTOS GERAIS	1
2. MINERALOGIA	3
3. OCORRÊNCIA	5
4. APLICAÇÕES	6
5. TIPOS DE DEPÓSITOS DE GRAFITA NO MUNDO	8
5.1. AS MINERALIZAÇÕES DE GRAFITA NO ESTADO DE MINAS GERAIS 5.2. GEOLOGIA DA PROVÍNCIA GRAFÍTICA BAHIA-MINAS	13 14 15 16
6. ASPECTOS ECONÔMICOS	21
6.1. Produção interna	22 22 22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1. ASPECTOS GERAIS

O carbono, um elemento abundante na biosfera, é conhecido desde tempos primordiais. A origem do nome é latina, da palavra *carbo*, que significa carvão vegetal. Na sua forma nativa, o carbono pode ocorrer como diamante ou grafita (Figura 1). Estes minerais, apesar de possuírem composição química idêntica (teoricamente, carbono puro), apresentam propriedades físicas, estruturais e cristaloquímicas completamente distintas, em função das diferentes condições de pressão e temperatura em que se cristalizam (Figura 2).

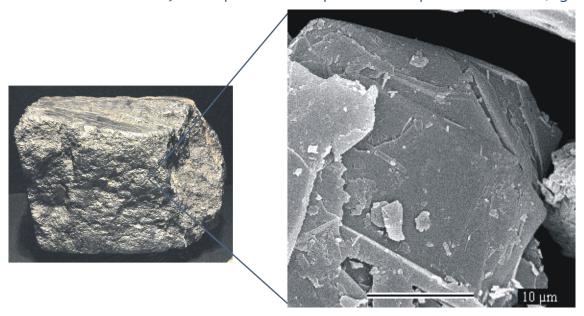


Figura 1. Amostra de minério de grafita *flake*. Feição observada através da microscopia eletrônica de varredura (MEV) em um *flake* de grafita apresentando hábito maciço, hexagonal e superfície lisa (Belém 2006).

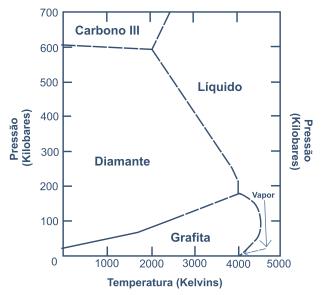


Figura 2. Diagrama de fases do carbono. As linhas definem os limites das regiões (P, T) nas quais a fase é mais estável (Donoso 2018).

A grafita é estável em temperatura e pressão relativamente baixas, quando comparada com o diamante. Sendo assim, a estrutura cristalina da grafita é menos densa que a do diamante. A diferença básica entre suas estruturas cristalinas é que, na grafita, há um arranjo atômico em camadas, segundo uma rede de planos hexagonais, com ligações fracas entre camadas (forças de Van der Waals). No caso do diamante, cada átomo de carbono está ligado, por meio de ligações covalentes, a outros quatro átomos de carbono situados nos vértices de um tetraedro.

A grafita natural raramente é encontrada na forma pura; sempre há uma parcela de impurezas na sua composição, como sulfeto, óxido de ferro ou outras substâncias.

A economicidade da grafita natural como minério relaciona-se, dentre outros fatores, ao tamanho e características originais dos cristais de grafita e à sua adequação aos processos de beneficiamento para a produção dos muitos tipos de concentrados com teor de carbono e granulometria diversos, demandados pela indústria.

2. MINERALOGIA

A grafita natural é um mineral não metálico, inerte, que apresenta coloração variando entre o cinza escuro e o preto (Harben & Bates 1990, Hand 1996), peso específico entre 2,1 e 2,3 g/cm³ e brilho semi-metálico (Tabela 1). É um mineral macio, com dureza entre 1 a 2 na escala de Mohs. Excelente condutora de calor e eletricidade, sendo o melhor condutor térmico e elétrico entre os não metais. Com ponto de fusão de 3.927 °C, a grafita é altamente refratária, lubrificante, compressível e maleável. Possui grande resistência química, termal e à oxidação, propriedades que fazem esse mineral possuir numerosas aplicações sendo, portanto, de grande interesse para a mineração e a indústria. É considerada um semimetal porque exibe propriedades químicas de um metal e um não-metal, o que a torna adequado para muitas aplicações industriais. As propriedades metálicas incluem condutividade térmica e elétrica. As propriedades não-metálicas incluem inércia química, qualidades de lubrificação e alta resistência.

A economicidade da grafita natural como minério relaciona-se, dentre outros fatores, ao tamanho e características originais dos cristais de grafita (Harben 1999) e à sua adequação aos processos de beneficiamento para a produção dos muitos tipos de concentrados com teor de carbono e granulometria diversos, demandados pela indústria.

A estrutura cristalina da grafita (Harben & Bates 1990, Hand 1996), é formada por vários planos de átomos de carbono densamente dispostos em uma rede com simetria hexagonal (Figura 3). O hábito tabular reflete a estrutura cristalina hexagonal anisotrópica, com clivagem perfeita {0001}.

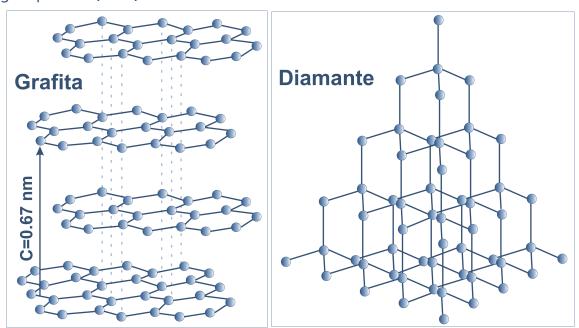


Figura 3. Estrutura da grafita. Os átomos de carbono formam anéis hexagonais contidos num mesmo espaço plano, formando lâminas que se mantêm juntas por forças de atração mútua. Fonte: modificado de Mundo Educação, acesso em 5/7/2018.

Os átomos de carbono são unidos por ligações covalentes do tipo $\rm sp^2$, com configuração estrutural do tipo trigonal plana (120°). A distância interplanar ao longo do eixo c, entre dois planos de átomos de carbono, é de 3,354 Å, mantida por interações fracas

(forças de Van der Waals), entre os átomos de carbono de planos distintos. Estas ligações fracas conferem a excepcional clivagem da grafita, permitindo que com suas folhas possam deslizar (na ausência de vácuo) umas sobre as outras, garantindo propriedades lubrificantes a este mineral.

Tabela 1. Características mineralógicas da grafita (modificado de Klein & Hurlbut Jr. 1985, in Guimarães 2000).

Sistema Cristalino	Hexagonal		
Classe	Dihexagonal dipiramidal (6/m 2/m 2/m)		
Eixos Cristalográficos	-a -a -a -c		
Cristalografia	HEXAGONAL Class = \$\(\begin{align*} \limits_{m} \limits_{m} \rightarrow \limi		
Hábito	Palhetas, lâminas e fibras		
	Clivagem: {0001} perfeita		
	Cor: preto a cinza		
	Traço: negro		
	Brilho: submetálico		
	Dureza: variando de 1 a 2 Mohs		
	Densidade: 2,23 g/cm ³		
Propriedades Físicas	Propriedade Ótica: uniaxial negativo		
Propriedades Fisicas	Anisotropia: forte		
	Pleocroísmo: forte (vermelho)		
	Densidade Elétrica: 2,25 gm/cc		
	Condutividade térmica: 30 w.cm ⁻¹ .k ⁻¹		
	Radioatividade: não é radioativa		
	Ponto de Fusão: 3650 °C		
	Modo Raman mais intenso: 1581 cm ⁻¹		
Composição Química	Carbono (C), podendo conter impurezas como alumínio, argila, fósforo, sulfetos e óxido de ferro.		
Dimensões da Célula Unitária	a: 2,464; c: 6,736; z: 4; v: 35,42		
Difração de Raios-x	Intensidade (I/I _o): 3,35(1), 1,675(0,8), 1,541(0,6)		

3. OCORRÊNCIA

A grafita natural ocorre de três maneiras (Figura 4): microcristalina ou "amorfa" (60-85% C), lamelar ou *flake* (>85% C) e de veio ou *lump* (>90% C).

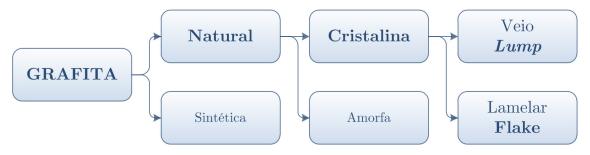


Figura 4. Principais tipos de grafita natural.

A grafita amorfa (60-85% C) é mais abundante na natureza, porém alcança menores preços no mercado. A grafita do tipo lamelar ou *flake* (85-90% C) é a mais usada para refratários e baterias e alcança bons valores de mercado. A *lump* ou de veio (90-96% C) é a mais valiosa em sua forma bruta, pois exige o mínimo de processamento.

O termo comercial *flake* é utilizado em referência a escamas ou lamelas de grafita disseminadas em rochas metamórficas de origem sedimentar. As lamelas podem ocorrer homogeneamente distribuídas em todo o corpo de minério, ou concentradas em bolsões e lentes. A grafita tipo *lump* ocorre na forma de veios, principalmente em rochas ígneas e metamórficas, podendo apresentar granulação variada. O tipo microcristalina ou "amorfa" refere-se a qualquer grafita de textura maciça, que somente ao microscópio é possível verificar a sua cristalinidade. A origem da grafita microcristalina é creditada ao metamorfismo de sequências sedimentares carbonosas.

Ocorre comumente em rochas metamórficas como xistos, gnaisses e mármores. Ela pode ser encontrada na forma de palhetas lamelares (*flakes*), disseminadas na rocha ou concentradas em bolsões e lentes. Nestas rochas, a grafita é derivada de material carbonáceo de origem orgânica, que foi convertido em grafita durante o metamorfismo. A grafita também ocorre em veios hidrotermais, associada com quartzo, biotita, feldspatos, turmalina, apatita, pirita e titanita. Nestes veios, a grafita se cristaliza a partir de carbono hidrotermal derivado das rochas adjacentes, introduzido durante o metamorfismo regional. Ocasionalmente, está presente como constituinte primário em rochas ígneas e podendo também ser encontrada em alguns meteoritos na forma de nódulos carbonosos (Klein & Hurlbut 1995).

Os principais países produtores de grafita natural são China, Rússia, Madagascar, Coréia, Índia, México e Brasil, onde apenas os estados de Minas Gerais e Bahia possuem reservas significativas (99% das reservas nacionais).

4. APLICAÇÕES

A grafita natural tem seu emprego na indústria em geral (Harben & Bates 1990), em decorrência de suas propriedades físico-químicas como a clivagem, plasticidade, baixo coeficiente de atrito e alta temperatura de fusão (3.650 °C) grafita é utilizada considerandose uma dessas propriedades ou uma combinação delas, tais como baixo coeficiente de expansão térmica, efeito lubrificante, boa condutividade elétrica e de calor, flexibilidade e ductibilidade sobre uma larga faixa de temperatura, por ser quimicamente inerte e não tóxica, e ser uma fonte de carbono. A grafita lamelar (*flake*) natural apresenta uma estrutura que potencializa a propriedade de condução térmica e elétrica, e sua capacidade de ser esfoliada e depois prensada em folha torna a sua estrutura preferida para os dissipadores de calor, células de combustível e juntas.

Existe também no mercado a grafita sintética, fabricada a partir subprodutos do carvão ou petróleo (Harben & Bates 1990). Este processo de transformação é denominado grafitização e envolve grandes quantidades de energia elétrica, a qual é utilizada para reagrupar moléculas, crescer os cristais e eliminar impurezas. A grafita sintética tem propriedades comparadas àquelas da grafita natural, cada uma com seus próprios mercados. Em geral, a grafita sintética é caracterizada pela pureza mais elevada e mais baixa cristalinidade que sua correlata natural, propriedades necessárias às várias aplicações como na fabricação dos eletrodos de fornos elétricos a arco, de baterias alcalinas, entre outras. Na fabricação de eletrodos são consumidos, aproximadamente, três quartos da grafita sintética produzida em todo o mundo.

O grafeno é um material fabricado a partir da exfoliação química da grafita natural, até restar uma única camada bidimensional, com a espessura de um único átomo de átomos de carbono, em um arranjo hexagonal (semelhante a um favo de mel). É um material muito promissor para aplicações eletrônicas, químicas e eletromecânicas por apresentar alta resistência mecânica, alta condutividade elétrica e alta condutividade térmica, força, flexibilidade, leveza e dureza. Os nanotubos de carbono são compostos de planos de grafita enrolados com espessura monoatômica (Mina et al. 2012). Existem dois tipos de nanotubos de grafeno, dependendo do processo de fabricação: o grafeno de paredes simples, que consistem em uma única camada de grafeno, enrolada em um cilindro transparente, e os nanotubos, compostos por duas ou mais camadas cilíndricas e concêntricas de grafeno estabilizados por forças de van der Waals. O tipo de fabricação dos nanotubos tem impacto significativo nas propriedades do material, particularmente as propriedades eletrônicas (Mina et al. 2012). Minas Gerais terá a primeira planta piloto do Brasil para a produção de grafeno a partir de grafita natural em escala industrial. O empreendimento é desenvolvido em parceria com o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN), por meio do Laboratório de Química de Nanoestruturas de Carbono (LQN), e com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), por intermédio do Departamento de Física (DF-UFMG).

O Aerografite é um material sintético, produzido pelo processo de deposição química de vapor de carbono formando uma rede tridimensional, altamente porosa, de tubos de carbono que se entrelaçam a nível nano e micro (Lupan *et al.* 2016). Essa rede tridimensional

é inteiramente construída a partir de hastes interconectadas, que são usadas como gabaritos que são substituídos pelo carbono. Geralmente, o vapor de tolueno fornece carbono para a nucleação e crescimento de invólucros grafíticos. Esse material pesa apenas 0,2 miligramas por centímetro cúbico. Este matrial é eletricamente condutor, dúctil, flexível e pode suportar altas cargas de compressão e tração. Por ser um material tridimensional, o aerografite apresenta vantagem em relação ao grafeno, pois a estrutura tridimensional facilita a integração em morfologias/estruturas diferentes. Tal como acontece com qualquer material novo, muitas aplicações potenciais foram sugeridas, mas as mais promissoras, até o momento, incluem baterias leves e purificação da água.

As principais utilizações da grafita são listadas a seguir:

- Produção de GRAFENO Combinação única de propriedades: Alta resistência mecânica (Módulo de Young 5 vezes maior e limite de escoamento 100 vezes maior que o dos aços martensíticos envelhecidos); alta mobilidade eletrônica (~150 vezes a do silício). Além de ser bom condutor, a condutividade pode ser ajustada por um campo elétrico, o que permite sua utilização como transistor de efeito de campo (Graphene-FETs); sustenta uma densidade de corrente 1 milhão de vezes superior à do Cobre; alta condutividade térmica (comparável à do diamante); enorme área superficial (~2700 m²/g); ultra impermeável (inclusive ao hélio); quimicamente inerte. Essas propriedades podem ser parcialmente transferidas para um material hospedeiro: compósitos;
- Em cadinhos e outros refratários usados na fabricação de metais, devido a sua resistência ao ataque por reagentes químicos e elevado ponto de fusão e vaporização;
- Como lubrificantes, ingredientes para tintas e em revestimentos para fornos, devido ao baixo coeficiente de atrito e maciez ao tato;
- Na fabricação de escovas de carbono para motores elétricos, devido à alta condutividade elétrica, maciez e propriedades lubrificantes;
- Por sua condutividade, é utilizada na produção de baterias e eletrodos de carbono nas indústrias metalúrgica e química;
- Na fabricação do aço é utilizada para aumentar o teor de carbono da liga;
- Na fabricação de lápis, lonas de freio, explosivos, fitas magnéticas e fertilizantes.

5. TIPOS DE DEPÓSITOS DE GRAFITA NO MUNDO

A matéria orgânica existente nos sedimentos é transformada em grafita devido ao metamorfismo (adaptado de Belém 2006), seja ele regional ou de contato, isto é, o material carbonoso da rocha se cristaliza como grafita à medida que o grau metamórfico evolui progressivamente (i.e., a temperatura aumenta) e atinge o tamanho de grafita *flake* em fácies anfibolito alto a granulito. Existem quatro tipos genéticos de depósitos de grafita, além daqueles que ocorrem em função do enriquecimento residual:

- Depósitos Magmáticos Primários São depósitos extremamente raros, que apresentam material de alta qualidade, em que a grafita maciça predomina. Existem porções internas com ocorrência de grafita *flake*. O principal depósito é o de Botogol, na Rússia.
- Depósitos do Tipo Contato-Metassomáticos (Skarnitos) São depósitos que se desenvolvem no contato entre rochas carbonáticas e intrusões ígneas, seja devido à cristalização do carbono ou pela redução do CO₂. Normalmente, a grafita ocorre na forma de *stocks* ou disseminada em veios no skarnito. O principal exemplo é o depósito de Black Donald, no Canadá.
- Depósitos de Grafita em Veio São concentrações de grafita geradas por soluções pós- magmáticas ricas em elementos voláteis, principalmente CO₂. Os depósitos ocorrem em forma de veios e lentes, e são confinados à zona de contato com a rocha encaixante. Depósitos descritos no Sri Lanka podem ser citados como os principais exemplos deste tipo, onde a grafita ocorre no contato de corpos ígneos com gnaisses, quartzitos e piroxenitos.
- Depósitos Metamórficos São gerados por concentração e cristalização do carbono durante processos metamórficos regionais. São formados em rochas sedimentares que contêm concentração anômala de carbono, resultando em camadas ou lentes ricas em cristais de grafita disseminada em filito, xisto, quartzito, mármore, gnaisse e granulito. Originam-se durante o metamorfismo regional, desde a transição de fácies xisto verde-anfibolito (ca. 480 °C) até a fácies granulito (> 800 °C). A grafita é fina e microcristalina (dust) nas rochas de baixo grau metamórfico (e.g., filito). A formação de grafita lamelar (flake) ocorreria a partir da fácies anfibolito intermediária (ca. 650 °C). Os principais depósitos conhecidos de grafita flake são os de Sonora no México e os da Província Grafítica Bahia-Minas.

As seguintes reações químicas acarretam a formação da grafita neste tipo de depósito:

- 1) Matéria orgânica + $H_2O \rightarrow CO + H_2 + resíduos$
- 2) $CO + H_2 \rightarrow C$ (grafita) + H_2O .

5.1. As Mineralizações de Grafita no estado de Minas Gerais

Um dos depósitos econômicos mais importantes de grafita *flake*, no Brasil, é a Província Bahia-Minas (Figura 5), com grandes depósitos de minério de grafita que ocorrem no extremo nordeste de Minas Gerais e sul da Bahia (adaptado de Belém 2006). Esta região é,

atualmente, uma das maiores produtoras de grafita *flake* do mundo. Nesta província, os depósitos de grafita estão, essencialmente, relacionados a rochas metamórficas de origem sedimentar encontradas em duas unidades Proterozoicas da Faixa Móvel Araçuaí (Figura 5, Tabela 2): o Grafita Xisto, que ocorre no Grupo Macaúbas, e o Grafita Gnaisse, presente na suíte Kinzigítica do Complexo Jequitinhonha. As mineralizações de grafita encontram-se disseminadas e muito raramente maciças (concentradas em forma de "buchos") e têm sido prospectados ou minerados por companhias diversas (Magnesita, Nacional de Grafite e outras).

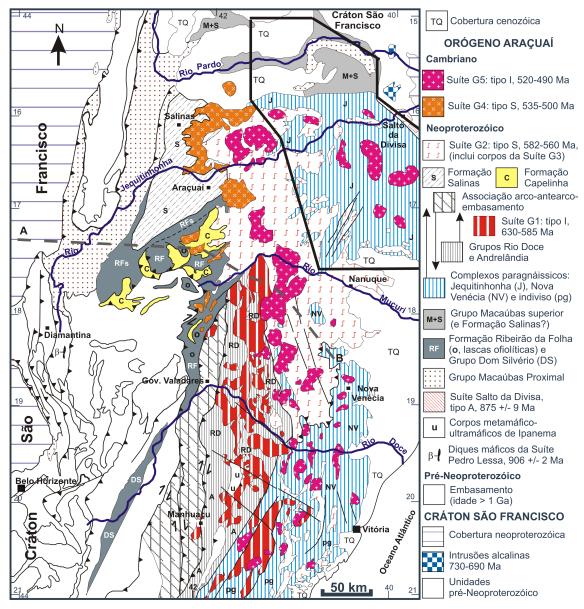


Figura 5. Unidades estratigráficas do Orógeno Araçuaí, com a localização da Província Grafítica Bahia-Minas (Pedrosa-Soares *et al.* 2007).

Outro grande depósito ocorre no interior da porção meridional do Cráton São Francisco (Figuras 6 e 7, Tabela 2), na região da cidade de Itapecerica (MG), onde ocorre uma associação de rochas paraderivadas de alto grau metamórfico que inclui os grafita xistos. Essa sequência paraderivada pertence à unidade Itapecerica (Chaves *et. al.* 2015) do denominado Complexo Metamórfico Campo Belo (CMCB).

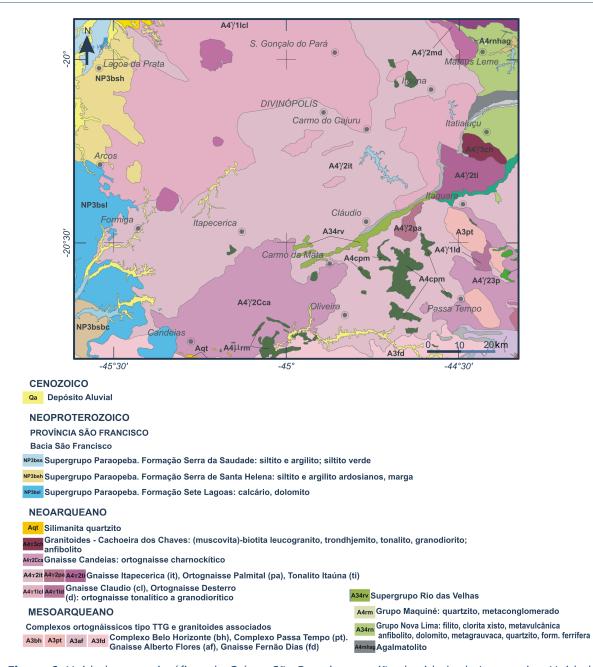


Figura 6. Unidades estratigráficas do Cráton São Francisco, região da cidade de Itapecerica. Unidades estratigráficas da região dos municípios de Itatiaiuçu e Mateus Leme (modificado de Pinto & Silva 2014).

O Complexo Metamórfico Campo Belo (Figura 6) corresponde à crosta siálica que aflora a oeste do Quadrilátero Ferrífero e do Complexo Metamórfico Bonfim, englobando os antigos complexos Divinópolis e Barbacena (Teixeira et al. 1996, Fernandes 2001). É constituído por rochas gnáissicas, anfibolíticas e metaultramáficas, intrudidas por gabronoritos, granitoides e gabros. Localmente são encontrados relictos supracrustais (Teixeira et al. 2000), que podem corresponder às sequências supracrustais arqueanas e/ou proterozoicas do Quadrilátero Ferrífero. A unidade Itapecerica é constituída por gnaisse cinza-rosado, migmatítico a localmente migmatítico, de composição granítica a granodiorítica e foi dividida nas subunidades (Chaves et. al. 2015) Gnaisse Peraluminoso e Sequência Paraderivada, que inclui quartzitos e grafita xistos. As mineralizações de grafita encontram-se disseminadas nos grafita xistos da Sequência Paraderivada. Esses xistos grafitosos da região de Itapecerica representam o depósito de uma das maiores minas de

grafita do Brasil, ficando atrás apenas dos depósitos de grafita da Província Bahia-Minas. A região de Arcos-Formiga – MG, cidades próximas a Itapecerica, também possuem ocorrências de grafita disseminada em um xisto grafitoso, embora em volume bem menor, mesmo assim, objeto de interesse.

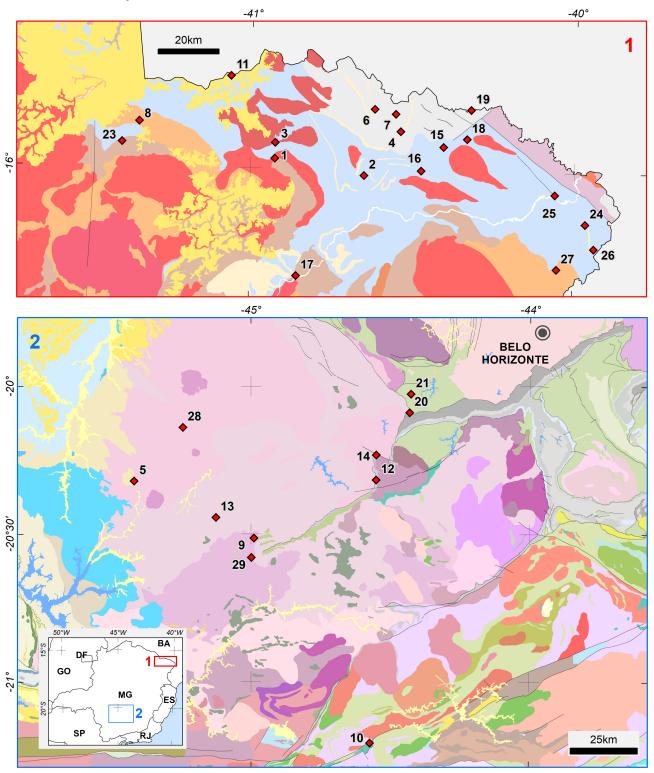


Figura 7. Principais ocorrências de grafita no estado de Minas Gerais. A numeração se refere aos itens da Tabela 2. Mapa geológico modificado de Pinto & Silva 2014.

Na região dos municípios de Itatiaiuçu e Mateus Leme (Figuras 6 e 7), porção mediana da Serra do Itatiaiuçu, predominam as rochas metassedimentares do Super Grupo Minas,

mais especificamente o Grupo Nova Lima (Figura 6), que é representado por uma sequência de sedimentos argilosos e de granulação fina, pobremente selecionados, com restritas acumulações de sedimentos químicos e uma maior contribuição de material tufáceo. Rochas grafitosas pertencentes ao Grupo Nova Lima têm ampla distribuição na região (Romano 2007). Estas rochas ocorrem em lentes e definem um conjunto metassedimentar carbonoso que acompanha a camada de formação ferrífera. Os filitos carbonosos também podem ocorrer como lentes dentro da formação ferrífera, com espessura que variam de centimétrica a poucos metros.

Tabela 2. Principais ocorrências de grafita no estado de Minas Gerais (localizadas nos mapas da Figura 7).

TOPONIMIAMUNICÍPIOLatitudeLongitudeSTATUSROCHA AZUITEXTURAS1Distrito Sede de Pedra AZUI-15,972222-40,926389Mina inativaGrafita GnaisseLamelar - fluke2Fazenda São DomingosAlmenara-16,019167-40,65MinaGrafita GnaisseLamelar - fluke3Distrito Sede de Bandeira-15,886389-40,538611Mina inativaGrafita GnaisseLamelar - fluke5Córrego da AreiaArcos-20,221389-45,418333MinaGrafita AristoLamelar - fluke6Boqueirão da SalvaçãoBandeira-15,821389-40,53444Mina inativaGrafita xistoLamelar - fluke7Boqueirão da SalvaçãoBandeira-15,821389-40,554444Mina inativaGrafita xistoLamelar - fluke8Ribeirão São FranciscoFachcelar de Pajeu-15,866667-41,345278Mina inativaGrafita xistoLamelar - fluke9Fazenda CascaCarmo da Mata-20,514167-44,982889MinaMina inativaGrafita xistoLamelar - fluke10Distrito Sede de Distrito Sede de BaguaraNazareno-21,2075-44,572222Não explotadoGrafita xistoLamelar - fluke12Distrito Sede de ItaguaraItaguara-20,317778-44,572222Não explotadoGrafita xistoLamelar - fluke13Água LimpaItapacira-20,444722-45,125833MinaGrafita xistoLamelar - fluke15Água LimpaJacin		Tabela 2. Principais ocorrências de grafita no estado de Minas Gerais (localizadas nos mapas da Figura 7).							
Petra Azul Petra Azul - 15,972222 - 40,926399 Nina Inativa Grafita Chaisse Lamelar - floke Fazenda São Domingos Almenara - 16,019167 - 40,65 Fazenda São Domingos Almenara - 15,925278 - 40,925 Mina inativa Grafita Gnaisse Lamelar - floke Distrito Sede de Bandeira - 15,886389 - 40,538611 Mina inativa Grafita Gnaisse Lamelar - floke Córrego da Areia Arcos - 20,321389 - 45,418333 Mina Grafita Xisto Lamelar - floke Roqueirão da Salvação Bandeira - 15,821389 - 40,619167 Não explotado Grafita Xisto Lamelar - floke Ribeirão da Salvação Bandeira - 15,821389 - 40,619167 Não explotado Grafita Xisto Lamelar - floke Ribeirão da Salvação Bandeira - 15,821389 - 40,619167 Não explotado Grafita Xisto Lamelar - floke Ribeirão da Salvação Bandeira - 15,824722 - 40,554444 Mina inativa Grafita Xisto Lamelar - floke Ribeirão São Francisco Na BR-116 Nazareno - 21,2075 - 44,572222 Não explotado Grafita Xisto Lamelar - floke Nazareno - Nazareno - 21,2075 - 44,572222 Não explotado Grafita Xisto Lamelar - floke Distrito Sede de Rizaguara I taguara - 20,31778 - 44,5111 Não explotado Grafita Xisto Lamelar - floke Distrito Sede de Itaguara I taguara - 20,444722 - 45,125833 Mina Grafita Xisto Lamelar - floke I Distrito Sede de Rizaguara I taguara - 20,444722 - 45,125833 Mina Grafita Xisto Lamelar - floke Distrito Sede de Rizaguara I taguara - 20,233056 - 44,550278 Mina inativa Grafita Xisto Lamelar - floke Radialucu I tatiaiucu - 15,930556 - 40,405278 Mina inativa Grafita Xisto Lamelar - floke Radialumpa Jacinto - 16,001944 - 40,473333 Não explotado Grafita Camelar - floke Radialumpa Jacinto - 16,001944 - 40,473333 Não explotado Grafita Camelar - floke Radialumpa Jacinto - 16,001944 - 40,473333 Não explotado Grafita Grafita Grafita Camelar - floke Radialumpa Jacinto - 16,001944 - 40,473333 Não explotado Grafita Grafita Xisto Lamelar - floke Radialumpa Jacinto - 16,001944 - 40,473333 Não explotado Grafita Grafita Xisto Lamelar - floke Radialumpa Jacinto - 16,001944 - 40,473333 Não explotado Grafita Xisto Lamelar - floke Radialumpa Jacinto - 1			MUNICÍPIO	Latitude	Longitude	STATUS ECONÔMICO	ROCHA HOSPEDEIRA	TEXTURAS	
3 Distrito de Pedra Grande Almenara -15,925278 -40,925 Mina inativa Grafita Gnaisse Lamelar - flake Distrito Sede de Bandeira -15,886389 -40,538611 Mina inativa Grafita Gnaisse Lamelar - flake 5 Córrego da Areia Arcos -20,321389 -45,418333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 6 Boqueirão da Salvação Bandeira -15,821389 -40,619167 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake 7 Boqueirão da Salvação Bandeira -15,834722 -40,554444 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - flake 8 Ribeirão São Francisco Gachoeira de Pajeú -15,866667 -41,345278 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - flake 9 Fazenda Casca Carmo da Mata -20,514167 -44,988889 Mina Grafita xisto Lamelar - flake Nazareno Distrito Sede de Nazareno -21,2075 -44,572222 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake Distrito Sede de Divisópolis -15,728611 -41,063889 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake Distrito Sede de Itaguara Itaguara -20,317778 -44,551111 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake Distrito Sede de Itaguara Itaguara -20,317778 -44,551111 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake Poivisópolis Distrito Sede de Itaguara Itaguara -20,233056 -44,550278 Mina Grafita xisto Lamelar - flake Rostita Grafita xisto Lamelar - flake Poivisópolis Distrito Sede de Itaguara Itaguara -20,233056 -44,550278 Mina Grafita xisto Lamelar - flake Rostita Grafita y Lamelar - flake Rostita Grafita xisto Lamelar - flake Rostita Grafita y Lamelar - flake Rostita do Brejo Mateus Leme -20,00272	1		Pedra Azul	-15,972222	-40,926389	Mina inativa	Grafita Gnaisse	Lamelar - flake	
A Distrito Sede de Bandeira -15,886389 -40,538611 Mina inativa Grafita Gnaisse Lamelar - floke Bandeira -15,886389 -40,538611 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - floke 6 Boqueirão da Salvação Bandeira -15,821389 -40,619167 Não explotado Grafita xisto Lamelar - floke 7 Boqueirão da Salvação Bandeira -15,821389 -40,619167 Não explotado Grafita xisto Lamelar - floke 8 Ribeirão Gas Asivação Bandeira -15,834722 -40,554444 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - floke 8 Ribeirão São Francisco na BR-116 Pajeú -15,866667 -41,345278 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - floke 9 Fazenda Casca Carmo da Mata -20,514167 -44,988889 Mina Grafita xisto Lamelar - floke Nazareno Nazareno Nazareno -21,2075 -44,572222 Não explotado Grafita xisto Lamelar - floke Divisópolis Distrito Sede de Divisópolis -15,728611 -41,063889 Não explotado Grafita xisto Lamelar - floke Divisópolis Distrito Sede de Itaguara 1 taguara -20,31778 -44,571212 Não explotado Grafita xisto Lamelar - floke 13 Água Limpa Itapecerica -20,444722 -45,125833 Mina Grafita xisto Lamelar - floke 14 Distrito sede de Itaguara Itaguara -20,31778 -44,550278 Mina Grafita xisto Lamelar - floke Itatiaiucu 1 tatiaiucu -20,233056 -44,550278 Mina Grafita xisto Lamelar - floke Itatiaiucu 1 (20,233056 -44,550278 Mina Grafita xisto Lamelar - floke 14 Agua Limpa Jacinto -16,001944 -40,473333 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - floke 17 Confluência do Rio Preto com o Rio Jequitinhonha -16,320833 -40,333333 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - floke 18 Fillinha Majquinique Malquinique -15,80833 -40,333333 Mina Grafita xisto Lamelar - floke 18 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,090278 -44,431389 Mina Grafita xisto Lamelar - floke 21 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,090278 -44,46389 Mina Grafita xisto Lamelar - floke 24 Fazenda Galifórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,964167 Mina Grafita xisto Lamelar - floke 24 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,964167 Mina Grafita xisto Lamelar - floke 24 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,628056 -40,05 Mina Grafita xisto Lamelar - f	2	Fazenda São Domingos	Almenara	-16,019167	-40,65	Mina	Grafita Gnaisse	Lamelar - flake	
Bandeira Fallocena Fallocena <th< th=""><th>3</th><th>Distrito de Pedra Grande</th><th>Almenara</th><th>-15,925278</th><th>-40,925</th><th>Mina inativa</th><th>Grafita Gnaisse</th><th>Lamelar - flake</th></th<>	3	Distrito de Pedra Grande	Almenara	-15,925278	-40,925	Mina inativa	Grafita Gnaisse	Lamelar - flake	
6 Boqueirão da Salvação Bandeira -15,821389 -40,619167 Não explotado Grafita xisto Lamelar - floke Ribeirão São Francisco na BR-116 Filinha Filinha Filinha Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -15,834722 -40,554444 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -15,834722 -40,554444 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -15,8494278 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -15,866667 -41,345278 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -15,866667 -41,345278 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -15,866667 -41,345278 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -15,86667 -41,345278 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -15,86667 -41,345278 Mina Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -16,86667 -41,345278 Mina Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -16,86667 -41,345278 Mina Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -16,86667 -41,345278 Mina Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -16,86667 -41,345278 Mina Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -16,86667 -41,345278 Mina Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -16,86667 -41,345278 Mina Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -16,86667 -41,345278 Mina Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -16,86667 -41,345278 Mina Grafita gnaisse Lamelar - floke Jacoba Bandeira -17,866667 -41,345278 Mina Grafita gnaisse Lamelar - floke Jacoba Bandeira -18,86667 -41,345278 Mina Grafita Mina Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -18,86833 -40,333333 Mina Grafita Mina Grafita xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -18,86833 -40,3333333 Mina Grafita Xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -18,86833 -40,3333333 Mina Grafita Xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -18,86833 -40,3333333 Mina Grafita Xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -18,86833 -40,33333333 Mina Grafita Xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -18,86833 -40,33333333 Mina Grafita Xisto Lamelar - floke Jacoba Bandeira -18,86833 -40,33333333 Min	4		Bandeira	-15,886389	-40,538611	Mina inativa	Grafita Gnaisse	Lamelar - flake	
7Boqueirão da SalvaçãoBandeira-15,834722-40,554444Mina inativaGrafita xistoLamelar - flake8Ribeirão São Francisco na BR-116Cachoeira de Pajeú-15,866667-41,345278Mina inativaGrafita xistoLamelar - flake9Fazenda CascaCarmo da Mata-20,514167-44,988889MinaGrafita xistoLamelar - flake10Distrito Sede de NazarenoNazareno-21,2075-44,572222Não explotadoGrafita xistoLamelar - flake12Distrito Sede de litaguaraDivisópolis-15,728611-41,063889Não explotadoGrafita xistoLamelar - flake13Água LimpaItapecerica-20,317778-44,551111Não explotadoGrafita xistoLamelar - flake13Água LimpaItapecerica-20,444722-45,125833MinaGrafita xistoLamelar - flake14Distrito sede de litatiaiuçuItatiaiuçu-20,233056-44,550278MinaGrafita xistoLamelar - flake15Água LimpaJacinto-16,930836-40,405278Mina inativaGrafita gnaisseLamelar - flake16Água LimpaJacinto-16,30833-40,854444Não explotadoGrafita gnaisseLamelar - flake16Água LimpaJordânia-15,30833-40,333333Mina inativaGrafita gnaisseLamelar - flake17Confluência do Rio Preto com o Río JequitinhonhaJordânia-15,818611-40,322222Não explotadoGrafita xi	5	Córrego da Areia	Arcos	-20,321389	-45,418333	Mina	Grafita xisto	Lamelar - flake	
8 Ribeirão São Francisco na BR-116 Cachoeira de Pajeú -15,866667 -41,345278 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - floke 9 Fazenda Casca Carmo da Mata -20,514167 -44,988889 Mina Grafita xisto Lamelar - floke 10 Distrito Sede de Divisópolis Nazareno -21,2075 -44,572222 Não explotado Grafita xisto Lamelar - floke 11 Distrito Sede de Divisópolis Distrito Sede de Itaguara Itaguara -20,317778 -44,572222 Não explotado Grafita xisto Lamelar - floke 12 Distrito sede de Itaguara Itaguara -20,317778 -44,551111 Não explotado Grafita xisto Lamelar - floke 13 Água Limpa Itagecerica -20,444722 -45,125833 Mina Grafita xisto Lamelar - floke 14 Distrito sede de Itatiaiuçu Itatiaiuçu -20,233056 -44,550278 Mina Grafita xisto Lamelar - floke 15 Água Limpa Jacinto -15,930556 -40,405278 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - floke 16 Água Limpa Jacinto -16,320833 -40,85248 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - floke </th <th>6</th> <th>Boqueirão da Salvação</th> <th>Bandeira</th> <th>-15,821389</th> <th>-40,619167</th> <th>Não explotado</th> <th>Grafita xisto</th> <th>Lamelar - flake</th>	6	Boqueirão da Salvação	Bandeira	-15,821389	-40,619167	Não explotado	Grafita xisto	Lamelar - flake	
na BR-116 Pajeú -15,000007 -41,345278 Milha Intalva Grafita xisto Lamelar - flake 10 Pistrito Sede de Nazareno Nazareno -21,2075 -44,572222 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake 11 Distrito Sede de Divisópolis -15,728611 -41,063889 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake 12 Distrito sede de Itaguara Itaguara -20,317778 -44,551111 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake 13 Agua Limpa Itapecerica -20,444722 -45,125833 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 14 Distrito sede de Itatiaiuçu -20,233056 -44,550278 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 15 Água Limpa Jacinto -15,930556 -40,405278 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 16 Água Limpa Jacinto -16,001944 -40,473333 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 17 Confluência do Rio Preto com o Rio Jequitinhonha Indinha Jequitinhonha Jordânia -15,905833 -40,333333 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake Jem torno do Granito Jordânia Jordânia -15,905833 -40,333333 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake Jem torno do Brejo Mateus Leme -20,090278 -44,431389 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 17 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,0027222 -44,426389 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 18 Fazenda Galifórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,964167 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 29 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,255 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 20 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,255 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 20 Grota do Rancho Carma da Mata -20,58 -44,43333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 20 Grota do Rancho	7	Boqueirão da Salvação	Bandeira	-15,834722	-40,554444	Mina inativa	Grafita xisto	Lamelar - flake	
10 Distrito Sede de Nazareno -21,2075 -44,572222 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake Dixisópolis Dixisópolis -15,728611 -41,063889 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake Dixisópolis -15,728611 -41,063889 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake Dixisópolis -12 Distrito sede de Itaguara Itaguara -20,317778 -44,551111 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake 13 Água Limpa Itapecerica -20,444722 -45,125833 Mina Grafita xisto Lamelar - flake Itatiaiucu Itatiaiucu -20,233056 -44,550278 Mina Grafita xisto Lamelar - flake Itatiaiucu Itapecerica -15,930556 -40,405278 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake Itatiaiucu Impa Jacinto -16,001944 -40,473333 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 16 Água Limpa Jacinto -16,001944 -40,473333 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake Impa Impa Jordânia -16,320833 -40,333333 Mina inativa Grafita gnaisse Lump Impa Impa Jordânia -15,905833 -40,333333 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake Filinha Impa Jordânia -15,905833 -40,333333 Mina Grafita gnaisse Lamelar - flake Pilinha Maiquinique -15,818611 -40,322222 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,090278 -44,426389 Mina Grafita xisto Lamelar - flake Fazenda Baixa Grande Pedra Azul -15,880833 -41,065556 Mina Grafita xisto Lamelar - flake Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,964167 Mina Grafita xisto Lamelar - flake Salto da Divisa -16,066944 -40,059444 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake Salto da Divisa -16,066944 -40,059444 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake Salto da Divisa -16,066945 -40,059444 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake Salto da Divisa -16,288056 -40,05 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake Salto Monte -40,000 Monte -40,000 Mina	8			-15,866667	-41,345278	Mina inativa	Grafita xisto	Lamelar - flake	
Nazareno Nazareno Nazareno Nazareno -21,2075 -44,572222 Nao explotado Grafita xisto Lamelar - Itake Dixisópolis Dixisópolis -15,728611 -41,063889 Não explotado Grafita xisto Lamelar - Itake 12 Distrito sede de Itaguara 13 Agua Limpa Itapecerica -20,444722 -45,125833 Mina Grafita xisto Lamelar - Itake 14 Distrito sede de Itatiaiuçu 15 Agua Limpa Jacinto -15,930556 -40,405278 Mina Grafita xisto Lamelar - Itake 16 Agua Limpa Jacinto -16,001944 -40,473333 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - Itake 17 Confluência do Rio Preto com o Rio Jequitinhonha Filinha Jordânia Jordânia Filinha Jordânia Jordânia Filinha Filinha Maiquinique -15,818611 -40,322222 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - Itake 18 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,090278 -44,431389 Mina Grafita xisto Lamelar - Itake 18 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,090278 -44,431389 Mina Grafita xisto Lamelar - Itake 19 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,090278 -44,431389 Mina Grafita xisto Lamelar - Itake 21 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,090278 -44,431389 Mina Grafita xisto Lamelar - Itake 22 Fazenda Baixa Grande Pedra Azul -15,880833 -41,065556 Mina Grafita xisto Lamelar - Itake 23 Chapada do Barbado Pedra Azul -15,880833 -41,065556 Mina Grafita xisto Lamelar - Itake 24 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,964167 Mina Grafita yisto Lamelar - Itake 25 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,2624 -39,964167 Mina Grafita gnaisse Lamelar - Itake 26 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,26294 -44,059444 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - Itake 27 Córrego Talismã Santo Antônio do Monte Santo Antônio do Monte Grafita xisto Lamelar - Itake Santo Antônio do Monte Grafita xisto Lamelar - Itake	9	Fazenda Casca	Carmo da Mata	-20,514167	-44,988889	Mina	Grafita xisto	Lamelar - flake	
12 Distrito sede de Itaguara Itaguara -20,317778 -44,551111 Não explotado Grafita xisto Lamelar - flake 13 Água Limpa Itapecerica -20,444722 -45,125833 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 14 Itatiaiuçu Itatiaiuçu -20,233056 -44,550278 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 15 Água Limpa Jacinto -15,930556 -40,405278 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 16 Água Limpa Jacinto -16,001944 -40,473333 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 17 Confluência do Rio Preto com o Rio Jequitinhonha 18 Em torno do Granito Filinha Jordânia -15,905833 -40,333333 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 19 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,090278 -44,431389 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 21 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,027222 -44,426389 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 22 Fazenda Baixa Grande Pedra Azul -15,880833 -41,065556 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 23 Chapada do Barbado Pedra Azul -15,928333 -41,397778 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - flake 24 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 25 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,28056 -40,05 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 26 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,288056 -40,05 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 27 Córrego Talismă Santo Antônio do Monte -20,040278 -44,43333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 28 Rodovia MG-024 Santo Antônio -20,140278 -45,243333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 29 Grota do Rancho Gramo Grafita xisto Lamelar - flake	10		Nazareno	-21,2075	-44,572222	Não explotado	Grafita xisto	Lamelar - flake	
13 Água Limpa Itapecerica -20,444722 -45,125833 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 14 Distrito sede de Itatiaiuçu 1-20,233056 -44,550278 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 15 Água Limpa Jacinto -15,930556 -40,405278 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 16 Água Limpa Jacinto -16,001944 -40,473333 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 17 Confluência do Rio Preto com o Rio Jequitinhonha 1-16,320833 -40,854444 Não explotado Grafita gnaisse Lump 18 Em torno do Granito Filinha Jordânia -15,905833 -40,333333 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 19 Em torno do Granito Maiquinique 15,818611 -40,322222 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 20 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,090278 -44,431389 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 21 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,027222 -44,426389 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 22 Fazenda Baixa Grande Pedra Azul -15,880833 -41,397778 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - flake 23 Chapada do Barbado Pedra Azul -15,928333 -41,397778 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - flake 24 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,964167 Mina Grafita gnaisse Lamelar - flake 25 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,225 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 26 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,225 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 27 Córrego Talismã Santo Antônio do Monte -20,140278 -45,243333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 28 Rodovia MG-024 Santo Antônio do Monte -44,988611 Mina Grafita xisto Lamelar - flake	11		Divisópolis	-15,728611	-41,063889	Não explotado	Grafita xisto	Lamelar - flake	
14 Distrito sede de Itatiaiuçu	12	Distrito sede de Itaguara	Itaguara	-20,317778	-44,551111	Não explotado	Grafita xisto	Lamelar - flake	
Itatiaiuçu Itatiaiucu Itatiaiuc Itatiaiuc Itatiaiucu Itatiaiuc Itatiae Itake Itake Itatiae Itake Itak	13	Água Limpa	Itapecerica	-20,444722	-45,125833	Mina	Grafita xisto	Lamelar - flake	
16 Água Limpa Jacinto -16,001944 -40,473333 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 17 Confluência do Rio Preto com o Rio Jequitinhonha 18 Em torno do Granito Filinha 19 Em torno do Granito Filinha 19 Em torno do Brejo Mateus Leme -20,090278 -44,431389 Mina Grafita gnaisse Lamelar - flake 20 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,027222 -44,426389 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 21 Fazenda Baixa Grande Pedra Azul -15,880833 -41,397778 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 23 Chapada do Barbado Pedra Azul -15,928333 -41,397778 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - flake 24 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,964167 Mina Grafita gnaisse Lamelar - flake 25 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,225 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 26 Rodovia MG-024 Gramo da Mata -20,58 -44,98611 Mina Grafita xisto Lamelar - flake	14		Itatiaiuçu	-20,233056	-44,550278	Mina	Grafita xisto	Lamelar - flake	
17 Confluência do Rio Preto com o Rio Jequitinhonha 18 Em torno do Granito Filinha 19 Em torno do Granito Filinha 10 Jordânia/ Maiquinique 10 Fazenda do Brejo 11 Fazenda do Brejo 12 Fazenda Raixa Grande 13 Chapada do Barbado 14 Fazenda Raixa Grande 15 Fazenda Califórnia 15 Fazenda Califórnia 16 Fazenda Califórnia 17 Confluência do Rio Preto com Rio Jordânia/ Maiquinique 16 Fazenda Raixa Grande 17 Fazenda Raixa Grande 18 Em torno do Granito Filinha 10 Jordânia/ Maiquinique 10 Fa,880831 10 -40,322222 10 Não explotado 10 Grafita gnaisse 10 Lamelar - flake 11 Fazenda Raixa Grande 11 Fazenda Raixa Grande 12 Fazenda Baixa Grande 13 Chapada do Barbado 14 Fazenda Raixa Grande 15 Fazenda Califórnia 16 Salto da Divisa 16,1525 16,1525 17 Say,964167 17 Mina 18 Fazenda Califórnia 18 Fazenda Califórnia 18 Fazenda Califórnia 19 Filinha 19 Filinha 10 Grafita gnaisse 10 Lamelar - flake 10 Fazenda Califórnia 10 Salto da Divisa 11 Fazenda Califórnia 11 Fazenda Califórnia 12 Fazenda Califórnia 13 Fazenda Califórnia 14 Fazenda Califórnia 15 Fazenda Califórnia 16 Fazenda Califórnia 16 Fazenda Califórnia 17 Fazenda Califórnia 18 Fazenda Califórnia 18 Fazenda Califórnia 19 Filinha 10 Fazenda Califórnia 10 Fazenda Califórnia 10 Fazenda Califórnia 10 Fazenda Califórnia 11 Fazenda Califórnia 12 Fazenda Califórnia 13 Fazenda Califórnia 14 Fazenda Califórnia 15 Fazenda Califórnia 16 Fazenda Califórnia 16 Fazenda Califórnia 16 Fazenda Califórnia 17 Fazenda Califórnia 18 Fazenda Califórnia 18 Fazenda Califórnia 19 Fazenda Califórnia 10 Fazenda Califórnia 10 Fazenda Califórnia 10 Fazenda Califórnia 10 Fazenda Califórnia 11 Fazenda Califórnia 12 Fazenda Califórnia 16 Fazenda Califórnia 17 Fazenda Califórnia 18 Fazenda Califórnia 19 Fazenda Califórnia 19 Fazenda Califórnia 19 Fazenda Califórnia 10 Fazenda Califórni	15	Água Limpa	Jacinto	-15,930556	-40,405278	Mina inativa	Grafita gnaisse	Lamelar - flake	
tamelar - flake Tomo o Rio Jequitinhonha Tomo do Granito Filinha Tomo explotado Tomo do Grafita gnaisse Lamelar - flake Tomo do Granito Filinha Tomo do Granito Filinha Tomo explotado Tomo do Granito Filinha Grafita gnaisse Lamelar - flake Tomo do Granito Filinha Tomo explotado Tomo do Granito Filinha Tomo explotado Tomo do Erafita gnaisse Lamelar - flake Tomo explotado Tomo explota	16	Água Limpa	Jacinto	-16,001944	-40,473333	Não explotado	Grafita gnaisse	Lamelar - flake	
Filinha Filinh	17	com o Rio Jequitinhonha	Jequitinhonha	-16,320833	-40,854444	Não explotado	Granito gnaisse	Lump	
Filinha Maiquinique -15,818611 -40,322222 Nao explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 20 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,090278 -44,431389 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 21 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,027222 -44,426389 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 22 Fazenda Baixa Grande Pedra Azul -15,880833 -41,065556 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 23 Chapada do Barbado Pedra Azul -15,928333 -41,397778 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - flake 24 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,964167 Mina Grafita gnaisse Lamelar - flake 25 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,066944 -40,059444 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 26 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,225 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 27 Córrego Talismã Santa Maria do Salto Salto Santo Antônio do Monte -20,140278 -45,243333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 28 Rodovia MG-024 Carmo da Mata -20,58 -44,98611 Mina Grafita xisto Lamelar - flake	18		Jordânia	-15,905833	-40,333333	Mina inativa	Grafita gnaisse	Lamelar - flake	
21 Fazenda do Brejo Mateus Leme -20,027222 -44,426389 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 22 Fazenda Baixa Grande Pedra Azul -15,880833 -41,065556 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 23 Chapada do Barbado Pedra Azul -15,928333 -41,397778 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - flake 24 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,964167 Mina Grafita gnaisse Lamelar - flake 25 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,066944 -40,059444 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 26 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,225 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 27 Córrego Talismã Santa Maria do Salto Salto Salto Salto Salto Santo Antônio do Monte Santo Antônio do Monte Santo Antônio do Monte Santo Antônio do Monte Santo	19			-15,818611	-40,322222	Não explotado	Grafita gnaisse	Lamelar - flake	
22 Fazenda Baixa Grande Pedra Azul -15,880833 -41,065556 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 23 Chapada do Barbado Pedra Azul -15,928333 -41,397778 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - flake 24 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,964167 Mina Grafita gnaisse Lamelar - flake 25 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,066944 -40,059444 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 26 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,225 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 27 Córrego Talismã Santa Maria do Salto Salto Santo Antônio do Monte -20,140278 -45,243333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 28 Rodovia MG-024 Grota do Rancho Carmo da Mata -20,58 -44,998611 Mina Grafita xisto Lamelar - flake	20	Fazenda do Brejo	Mateus Leme	-20,090278	-44,431389	Mina	Grafita xisto	Lamelar - flake	
23 Chapada do Barbado Pedra Azul -15,928333 -41,397778 Mina inativa Grafita xisto Lamelar - flake 24 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,964167 Mina Grafita gnaisse Lamelar - flake 25 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,066944 -40,059444 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 26 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,225 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 27 Córrego Talismã Santa Maria do Salto Santo Antônio do Monte -20,140278 -45,243333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 28 Rodovia MG-024 Grota do Rancho Garmo da Mata -20,58 -44,998611 Mina Grafita xisto Lamelar - flake	21	Fazenda do Brejo	Mateus Leme	-20,027222	-44,426389	Mina	Grafita xisto	Lamelar - flake	
24 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,1525 -39,964167 Mina Grafita gnaisse Lamelar - flake 25 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,066944 -40,059444 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 26 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,225 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 27 Córrego Talismã Santa Maria do Salto -16,288056 -40,05 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 28 Rodovia MG-024 Santo Antônio do Monte -20,140278 -45,243333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 29 Grota do Rancho Garmo da Mata -20,58 -44,998611 Mina Grafita xisto Lamelar - flake	22	Fazenda Baixa Grande	Pedra Azul	-15,880833	-41,065556	Mina	Grafita xisto	Lamelar - flake	
25 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,066944 -40,059444 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 26 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,225 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 27 Córrego Talismã Santa Maria do Salto -16,288056 -40,05 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 28 Rodovia MG-024 Santo Antônio do Monte -20,140278 -45,243333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 29 Grota do Rancho Carmo da Mata -20,58 -44,998611 Mina Grafita xisto Lamelar - flake	23	Chapada do Barbado	Pedra Azul	-15,928333	-41,397778	Mina inativa	Grafita xisto	Lamelar - flake	
26 Fazenda Califórnia Salto da Divisa -16,225 -39,936111 Não explotado Grafita gnaisse Lamelar - flake 27 Córrego Talismã Santa Maria do Salto -16,288056 -40,05 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 28 Rodovia MG-024 Santo Antônio do Monte -20,140278 -45,243333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 29 Grota do Rancho Carmo da Mata -20,58 -44,98611 Mina Grafita xisto Lamelar - flake	24	Fazenda Califórnia	Salto da Divisa	-16,1525	-39,964167	Mina	Grafita gnaisse	Lamelar - flake	
27 Córrego Talismã Santa Maria do Salto -16,288056 -40,05 Mina inativa Grafita gnaisse Lamelar - flake 28 Rodovia MG-024 Santo Antônio do Monte -20,140278 -45,243333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake 29 Grota do Rancho Carmo da Mata -20,58 -44,998611 Mina Grafita xisto Lamelar - flake	25	Fazenda Califórnia	Salto da Divisa	-16,066944	-40,059444	Mina inativa	Grafita gnaisse	Lamelar - flake	
28 Rodovia MG-024 Salto Santo Antônio do Monte Carmo da Mata - 20.58 - 44.998611 Mina Grafita xisto Lamelar - flake	26	Fazenda Califórnia	Salto da Divisa	-16,225	-39,936111	Não explotado	Grafita gnaisse	Lamelar - flake	
do Monte -20,140278 -45,243333 Mina Grafita xisto Lamelar - flake Grafita xisto Lamelar - flake -44,98611 Mina Grafita xisto Lamelar - flake	27	Córrego Talismã	Salto	-16,288056	-40,05	Mina inativa	Grafita gnaisse	Lamelar - flake	
	28	Rodovia MG-024		-20,140278	-45,243333	Mina	Grafita xisto	Lamelar - flake	
	29		Carmo da Mata	-20,58	-44,998611	Mina	Grafita xisto	Lamelar - flake	

5.2. Geologia da Província Grafítica Bahia-Minas

Do ponto de vista geológico, a grafita aparece em granulação maior apenas em rochas cristalizadas a temperaturas relativamente altas, nas condições da fácies anfibolito para cima. Rochas cristalizadas em temperaturas relativamente baixas (fácies xisto verde) apresentam somente grafita de granulação muito fina ou apenas compostos carbonosos amorfos.

A Província Grafítica do Nordeste de Minas Gerais e Sul da Bahia (Província Bahia-Minas) se situa no extremo nordeste do Orógeno Araçuaí, uma cadeia de montanhas edificada entre 630 e 500 Ma (Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000, Pedrosa-Soares et al. 2001, 2005, 2007, Belém 2006). Basicamente, é constituída por rochas do Grupo Macaúbas, do Complexo Jequitinhonha e granitoides (Figura 5). Nesse contexto, nos municípios de Almenara, Bandeira, Divisópolis, Jacinto, Jordânia, Mata Verde, Pedra Azul e Salto da Divisa, se encontram as áreas de ocorrência deste mineral no estado de Minas Gerais.

5.2.1. Grupo Macaúbas

Na Província Grafítica Bahia-Minas o Grupo Macaúbas constitui uma faixa de direção NE, onde é representado por uma sucessão rica em metadiamictitos glácio-marinhos (Formação Chapada Acauã), superposta por extensa e espessa sucessão de micaxistos, com intercalações de grafita xisto e rocha cálcio-silicática, atribuídos à Formação Ribeirão da Folha (Figura 5, Almeida 1977, Pedrosa-Soares *et al.* 2007).

As paragêneses metamórficas dos micaxistos do Grupo Macaúbas indicam que os depósitos econômicos de grafita xisto no Grupo Macaúbas estão na zona da sillimanita (Figura 8), a exemplo da jazida de Pouso Alegre, a sul de Maiquinique.

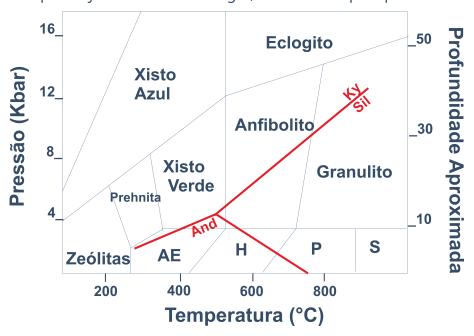


Figura 8. Distribuição das fácies metamórficas no campo P-T, onde (AE) fácies albita epidoto hornfels, (H) fácies hornblenda hornfels, (p) fácies piroxênio hornfels, (S) fácies sanidina hornfels, (And) andaluzita, (Ky) cianita e (Sil) sillimanita (modificado de Spear 1995).

5.2.2. Complexo Jequitinhonha

O Complexo Jequitinhonha é a unidade que ocupa maior área na Província Grafítica Bahia-Minas (Figura 5) e que contém grande número de depósitos, com minas em atividade e ocorrências de grafita lamelar (*flake*). Seus contatos com os metassedimentos do Grupo Macaúbas são tectônicos, por meio de zonas de cisalhamento oblíquas. Intrusões granitoides diversas são frequentes. Sedimentos do Grupo Barreiras recobrem esta unidade discordantemente.

O Complexo Jequitinhonha é uma sucessão de biotita paragnaisses bandados, variavelmente enriquecidos em granada e/ou cordierita e/ou sillimanita, com espessas intercalações de grafita gnaisse e quartzito, e lentes de granulito cálcio-silicático (e.g., Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000, Daconti 2004, Queiroga & Figueiredo 2004, Belém 2006). Na área-tipo, é interpretado como depósito de margem passiva da bacia precursora do Orógeno Araçuaí, apresentando idade máxima de sedimentação no intervalo de ca. 880 -1000 Ma (Gonçalves-Dias *et al.* 2011). As idades do Complexo Jequitinhonha e de rochas do Grupo Macaúbas são similares, indicando correlação entre estas unidades. Contudo, no Complexo Jequitinhonha inexistem evidências de glaciação, as quais, no Orógeno Araçuaí, estão restritas ao Grupo Macaúbas (Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

Os depósitos de grafita *flake* ocorrem apenas na suíte kinzigítica deste complexo. Essa suíte consiste de biotita gnaisse, granada-biotita gnaisse, cordierita-granada-biotita gnaisse, grafita-sillimanita-cordierita-granada-biotita gnaisse (kinzigito *stricto sensu*) e grafita gnaisse, que indicam conteúdos crescentes de fração argila (silicatos peraluminosos) e de fração carbonosa (grafita) nos protólitos sedimentares. A química dos kinzigitos é caracterizada por uma ampla variação composicional (SiO₂ entre 57 e 76%) que reflete, mesmo com os efeitos do metamorfismo de alto grau, a mistura entre dois componentes sedimentares: areia quartzosa e argila. Os paragnaisses mais ricos em Al, Mg e Fe são mais pobres em SiO₂ e caracterizam um protólito sedimentar mais argiloso. Os paragnaisses mais pobres em Al, Mg e Fe são mais ricos em SiO₂ e caracterizam protólitos mais arenosos.

O processo de migmatização encontra-se bem registrado regionalmente no Complexo Jequitinhonha. Caracteriza-se pela alternância de paleossoma gnáissico com neossoma granítico (leucossoma) e rico em biotita e granada (melanossoma). O leucossoma pode apresentar alguma grafita *flake* que tende à morfologia hexagonal. Corpos maiores de granito granatífero ocorrem onde a migmatização é mais acentuada em área e intensidade. Dados geotermobarométricos e a paragênese metamórfica (Figura 8) destas rochas evidenciam uma deformação regional que ocorreu na transição de fácies anfibolitogranulito (Faria 1997, Uhlein *et al.* 1998, Daconti 2004, Belém 2006).

5.2.3. Suítes Granitoides

O grande número de corpos graníticos presentes na Província Bahia-Minas e vizinhanças denunciam o intenso magmatismo que ocorreu nesta parte do Orógeno Araçuaí. Os granitoides da Faixa Araçuaí (Figura 5) foram agrupados em suítes regionais por Pedrosa-Soares *et al.* (2001, ver atualização em 2005). As suítes G1 e G2 são relacionadas aos estágios pré- e sin-colisionais, respectivamente. A suíte G3 associa-se à fase tardi a pós-colisional. As

suítes G4 e G5 são pós-colisionais. Uma descrição sucinta de cada suíte é apresentada a seguir:

- Suíte G1 (tipo I): É composta por corpos predominantemente tonalíticos e granodioritos com idades entre 630 e 585 Ma. Dados geoquímicos de vários plútons G1 apontam para magmas cálcio-alcalinos, metaluminosos a ligeiramente peraluminosos, formados em sistema de arco vulcânico de margem continental ativa. Essa suíte não ocorre na província grafítica.
- Suíte G2 (tipo S): É composta por granitos foliados a milonitizados, de idade entre 585 e 560 Ma, que se originaram da fusão parcial de rochas metassedimentares. Essa suíte consiste principalmente de batólitos graníticos gnaissificados, peraluminosos, nos quais predominam granada-biotita granito com cordierita e/ou sillimanita frequentes, e granito a duas micas. A granitogênese G2 relaciona-se à migmatização sin-cinemática à foliação regional, que ocorre generalizadamente no Complexo Jequitinhonha.
- Suíte G3 (tipo S): Corresponde à refusão da Suíte G2 e dos gnaisses paraderivados.
 Consiste de leucogranito com cordierita e/ou granada e/ou sillimanita, livre da foliação regional. As poucas idades U-Pb disponíveis sugerem intervalo entre 540 e 510 Ma, para esta granitogênese.
- Suíte G4 (tipo S): Engloba intrusões graníticas peraluminosas a ligeiramente metaluminosas, em forma de balão. Estas intrusões são fontes de pegmatitos ricos em turmalina e minerais de Li. Zircões de uma das intrusões de granito G4 forneceram idade U-Pb de 500 Ma (Whittington *et al.* 2001).
- Suíte G5 (tipo I): Engloba os plútons compostos de biotita granito, geralmente porfirítico, com fácies charnockíticas e enderbíticas, frequentes enclaves meso a melanocráticos e eventuais núcleos e bordas de composição básica. São cálcio-alcalinos, metaluminosos, de alto K e alto Fe. Datações U-Pb e Pb-Pb indicam cristalização magmática entre 520 e 500 Ma (Whittington *et al.* 2001, Martins *et al.* 2004), em ambiente pós-colisional relacionado ao colapso extensional do Orógeno Araçuaí (Pedrosa-Soares *et al.* 2001).

5.2.4. Contexto estrutural da Província Grafítica Bahia-Minas

As principais estruturas planares são bandamento composicional, foliação gnáissica principal, clivagem espaçada e fratura.

O bandamento composicional é a estrutura mais frequente identificada nos litotipos da suíte kinzigítica do Complexo Jequitinhonha, Jequitinhonha, sendo caracterizado por variações composicionais e/ou texturais quase sempre paralelas à foliação principal. Tais variações composicionais são especialmente realçadas pelo contraste das porções ricas em biotita ou grafita com intercalações de quartzito e porções quartzo-feldspáticas. Entende-se que a origem e controle do bandamento composicional, no caso dos litotipos paraderivados pertencentes à suíte kinzigítica, evidencia forte influência do acamamento original.

A foliação principal representa o estágio de deformação dúctil e é, em geral, paralela a sub-paralela ao bandamento composicional. Contém lineação de estiramento mineral que é, na maioria das vezes, paralela à lineação originada pela recristalização linear de minerais metamórficos. Localmente, pode ser observado um aspecto milonítico intensamente anastomosado à foliação gnáissica. O *trend* da foliação principal constitui importante guia para os trabalhos prospectórios de grafita, pois nenhuma das ocorrências identificadas é discordante desta estrutura.

5.3. O grafita xisto na Província Grafítica Bahia-Minas

Regionalmente, os xistos grafitosos, correlacionados ao Grupo Macaúbas, englobam grafita xisto, fibrolita-grafita xisto, grafita-quartzo xisto, grafita-quartzo-feldspato xisto e grafita-quartzo-feldspato-fibrolita xisto, que podem conter intercalações de quartzito grafitoso ou não (Figura 9). Estes xistos têm coloração cinza escura com tons prateados e granulação variando desde muito fina a média. Em geral, apresentam-se intensamente dobrados.

A textura dos xistos grafitosos é essencialmente lepidoblástica (Figura 9), com a foliação metamórfica marcada pela orientação de grafita e sillimanita fibrosa (fibrolita). Sua composição mineralógica essencial consiste de quartzo, grafita, feldspato potássico, fibrolita e plagioclásio. Os minerais acessórios são biotita (que pode estar presente em percentagem maior e se tornar mineral essencial), muscovita, zircão, rutilo, titanita, apatita, pirita, pirrotita e calcopirita. A mineralogia de alteração inclui carbonato, sericita, clorita e hidróxidos de ferro.

A grafita dos xistos grafitosos apresenta granulação fina tendo, em média, comprimentos variando entre 0,10 a 0,30 mm, com larguras entre 0,08 e 0,25 mm e espessura entre 0,01 e 0,05 mm (Figura 9). Associa-se aos sulfetos e à fibrolita e ocorre intercrescida com biotita e pirita. O intemperismo é marcado pela forte caulinização do feldspato. Apresenta-se principalmente na forma de palhetas com extremidades esfarrapadas e, minoritariamente, como palhetas lamelares.

Ensaios tecnológicos (Faria 1997, Reis 1999) para caracterização granulométrica e teor de carbono contido nas amostras do prospecto Chapada do Barbado demonstraram que 16% do concentrado destas amostras situam-se na malha 60 *mesh* e mais de 50% está abaixo da malha de 100 *mesh*, contendo 62% de carbono (Figura 10).

Amostras de grafita xisto das ocorrências entre as cidades de Bandeira e Mata Verde, realizados por Guimarães (2000), demonstraram que somente 5% do concentrado destas amostras situam-se na malha 60 *mesh* e mais de 70% estão abaixo da malha de 100 *mesh*, contendo 60% de carbono (Figura 10). Nos grafita xistos da jazida Pedro Perdido e da Mina de Grafite Mamoré, apenas 2% do concentrado das amostras situam-se na malha 60 *mesh* e aproximadamente 75% está abaixo da malha de 100 *mesh*, contendo 42% de carbono (Figura 10).

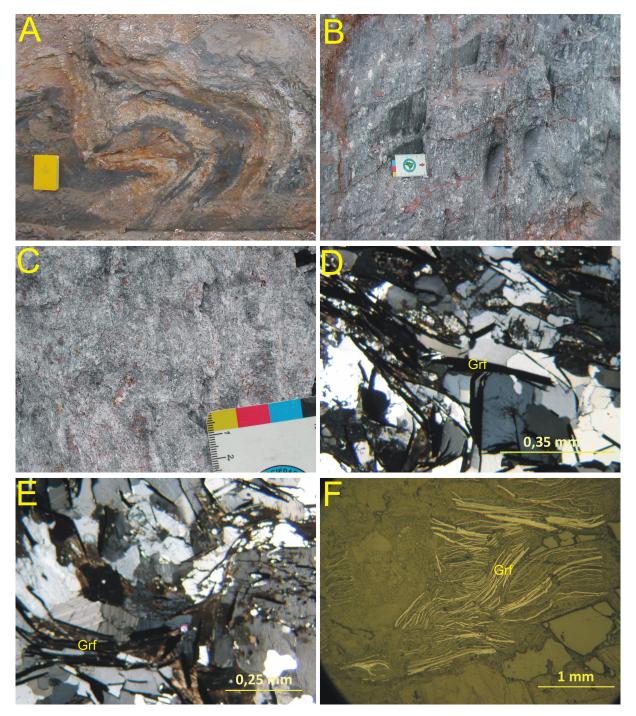


Figura 9. A) Afloramento de grafita xisto intensamente dobrado, Pedra Azul, Minas Gerais (279.218E, 8.244.058N; UTM24S WGS84). **B)** Afloramento de fibrolita-grafita xisto da mina abandonada de Pedro Perdido, Jordânia, Minas Gerais. As vênulas e pequenos bolsões, brancos, são agregados quartzo-feldspáticos originados por fusão parcial localizada (318.656E, 8.213.811N; UTM24S WGS84). **C)** Afloramento de grafita xisto, Pedra Azul, Minas Gerais (279.217E, 8.244.058N; UTM24S WGS84). **D)** Fotomicrografia de grafita xisto, mostrando palhetas de grafita lamelares com pontas esfarrapadas (amostra Pedra Azul, luz transmitida, nicóis cruzados). O comprimento das palhetas varia entre 0,20 e 0,35 mm (272.594E, 8.244.838N; UTM24S WGS84). **E)** Fotomicrografia de grafita xisto, mostrando palhetas de grafita lamelares (amostra Pedro Perdido, luz transmitida, nicóis cruzados). O comprimento médio das palhetas é entre 0,10 e 0,25 mm (354.292E, 8.244.437N; UTM24S WGS84). **F)** Fotomicrografia sob luz refletida, Grafita em palhetas esfarrapadas e cristais com dobramentos suaves, Pedra Azul, Minas Gerais (272.568E, 8.244.853N; UTM24S WGS84).

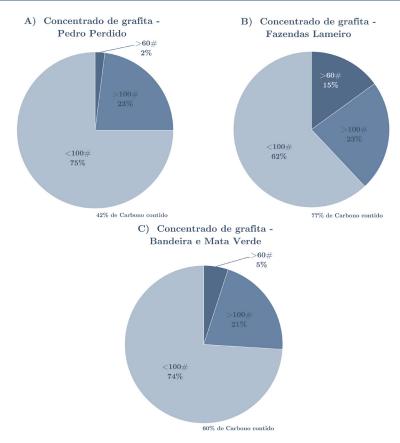


Figura 10. Ensaios tecnológicos para caracterização granulométrica e teor de carbono contido nas amostras de grafita xisto. **A)** Pedro Perdido (UTM24S 354.248E, 8.244.316N WGS84). **B)** Chapada do Barbado (240.289E, 8.240.104, UTM24S WGS84). **C)** Bandeira e Mata Verde (314.668E, 8.250.959; UTM24S WGS84).

5.4. O Grafita gnaisse na Província Grafítica Bahia-Minas

O grafita gnaisse é a principal rocha portadora dos minérios de grafita do Complexo Jequitinhonha. Esta rocha constitui camadas intercaladas com gnaisses peraluminosos que podem conter grafita em quantidades muito inferiores às do grafita gnaisse. Enfatiza-se, entretanto, que os depósitos de grafita economicamente relevantes são restritos às camadas ricas em grafita gnaisse que, por estarem semi-intemperizadas, são friáveis (Figura 11). O intemperismo torna a rocha grafitosa mais facilmente desagregável, facilitando a liberação dos cristais de grafita durante o beneficiamento, e contribui para aumentar a concentração do minério em decorrência da lixiviação de outros componentes.

Apresenta coloração acinzentada e granulação variável de média a grossa, raramente fina. A textura é lepidoblástica (Figura 11) e a estrutura é frequentemente dobrada. O grafita gnaisse consiste essencialmente de quartzo, grafita, feldspato potássico, plagioclásio e fibrolita isolada ou em novelos. Os minerais acessórios são cordierita, biotita, pirita, goethita, zircão, rutilo, titanita e apatita. Os processos de alteração são sericitização e saussuritização dos feldspatos, além de caulinização generalizada dos feldspatos e da fibrolita nas amostras de minério.

A grafita dos gnaisses grafitosos se apresenta como cristais com comprimentos variando entre 0,30 mm e 1,00 cm, com larguras entre 0,15 e 0,90 mm e espessura entre 0,03 e 0,25 mm. Frequentemente associa-se à fibrolita e pode ocorrer intercrescida com biotita e pirita. Apresenta-se na forma de palhetas tabulares ou tabular com pontas esfarrapadas.

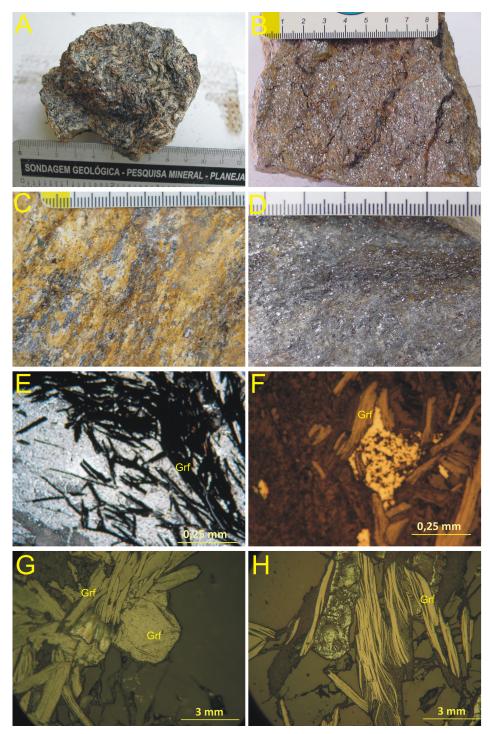


Figura 11. A) Foto de amostra do grafita gnaisse da Fazenda Pratinha, localidade de Santana, localizada cerca de 18 km a oeste de Salto da Divisa (389.560E, 8.220.376N; UTM24S WGS84). B) Foto de amostra do grafita gnaisse retirada de trincheira na região de Almenara, Minas Gerais, localidade de São Domingos (329.657E, 8.228.603N; UTM24S WGS84). C) Grafita-quartzo gnaisse compacto, região de Almenara, Minas Gerais (329.371E, 8.229.138N; UTM24S WGS84). D) Grafita gnaisse, região de Almenara, Minas Gerais (329.331E, 8.229.226N; UTM24S WGS84). E) Fotomicrografia de grafita gnaisse, mostrando palhetas lamelares de grafita, amostra São Domingos (329.374E, 8.229.135N; UTM24S WGS84), luz transmitida, nicóis descruzados. O comprimento médio das palhetas é 1 a 2,8 mm. F) Fotomicrografia de grafita gnaisse. Foto em luz refletida, com nicóis cruzados. Amostra da região de São Domingos (329.374E, 8.229.135N; UTM24S WGS84). O comprimento médio das palhetas é de 1 a 3 mm. G) Fotomicrografia, sob luz refletida, de grafita em palhetas tabulares e hexagonal, Fazenda Pratinha. (329.475E, 8.228.909N; UTM24S WGS84). H) Fotomicrografia, sob luz refletida, mostrando grafita em palhetas tabulares com pontas esfarrapadas. Fazenda Pratinha (354.292E, 8.244.437N; UTM24S WGS84).

Ensaios tecnológicos realizados por Reis (1999) em amostras de grafita gnaisse localizado em torno de uma intrusão granítica nos arredores da cidade de Jordânia demonstraram que 34% do concentrado ficou retido na malha 60 *mesh* e 33% está abaixo da malha 100 *mesh*, com teor médio de carbono em torno de 79% (Figura 12).

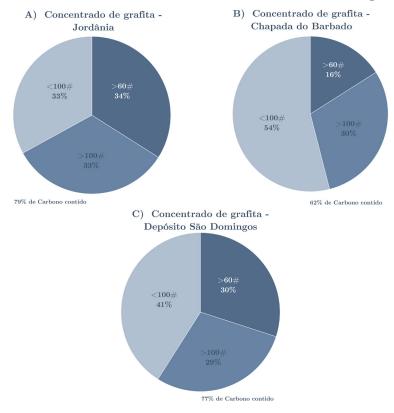


Figura 12. Ensaios tecnológicos para caracterização granulométrica e teor de carbono contido nas amostras de grafita gnaisse. **A)** Pedro Perdido, Jordânia (UTM24S 354.247E, 8.244.619N WGS84). **B)** Fazenda Lameiro (UTM24S 297.717E, 8.200.695N WGS84). **C)** São Domingos (UTM24S 329.475E, 8.228.909N WGS84).

Amostras de grafita gnaisse coletadas nos arredores da cidade de Salto da Divisa, incluindo o minério concentrado da Mina Fazenda Califórnia (Nacional de Grafite Ltda.), realizados por Faria (1997), demonstraram que 35% do concentrado destas amostras situam-se na malha 60 *mesh* e somente 25% está abaixo da malha de 100 *mesh*, contendo 91% de carbono (Figura 12). Daconti (2004) analisou amostras provenientes do depósito Águas Belas onde foi possível observar que 54% dos cristais de grafita presentes no concentrado destes minérios são *flakes* grossos (acima da malha 100 *mesh*), com teor médio de carbono em torno de 76% (Figura 12).

No depósito Fazenda Lameiro, Daconti (2004) observou que 62% dos cristais de grafita presentes no concentrado destes minérios são *flakes* finos a microcristalinos (abaixo da malha 100 *mesh*), com teor médio de carbono em torno de 77%. O minério do depósito São Domingos, segundo Daconti (2004), mostra que 59% dos cristais de grafita presentes no concentrado destes minérios são *flakes* grossos (acima da malha 100 *mesh*), com teor médio de carbono em torno de 77% (Figura 12).

6. ASPECTOS ECONÔMICOS

A grafita natural é largamente distribuída na natureza, em rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. As concentrações de origem metamórfica são as que apresentam melhores condições de aproveitamento econômico. Portanto, ocorrências de grafita natural são relatadas em vários países, mas os depósitos de importância econômica se encontram na China, Índia, Brasil, Canadá, Turquia e Coréria do Norte. A produção mundial de grafita natural de 2014 foi estimada em 1,11 milhões de toneladas, sendo a China responsável por 68% da produção total mundial, seguida pela Índia (15%), Brasil (7%), Canadá (3%), Turquia (3%) e Coréia do Norte (3%).

Há ocorrências de grafita natural em quase todos os estados brasileiros, mas as reservas brasileiras economicamente exploráveis estão localizadas em quase sua totalidade nos estados de Minas Gerais e Bahia (Tabela 3), além de reservas no Ceará.

Espera-se que a demanda mundial por grafita natural e sintética continue a aumentar à medida que as condições econômicas globais melhorem. O consumo global de grafita aumentou constantemente durante a última década, impulsionado pelos setores automotivo e siderúrgico.

Tabela 3. Reserva e produção mundial de grafita.

Discriminação	Reserva (10³t)	Produção (10³t)		
Países	2013 ^(P)	2012 ^(r) 2013 ^(p)		(%)
Brasil	72.064	88 ⁽²⁾	92 ⁽²⁾	7,8
China	55.000	800 810		68,9
Índia	11.000	160	160	13,6
Coréia do Norte	nd	30 30		2,6
Canadá	nd	25 25		2,1
Rússia	nd	14 14		1,2
Madagascar	940	4 10		0,9
México	3.100	8	8	0,7
Ucrânia	nd	6	6	0,5
Zimbabwe nd		6 6		0,5
Outros Países	nd	13 14		1,2
Total	142.104	1.154	1.175	100

Fonte: Dalla Costa et al. 2017; USGS: Mineral Commodity Summaries - 2014.

(1) Reserva lavrável de minério; (2) produção beneficiada de minério (r) revisado; (p) preliminar; (nd) dado não disponível.

6.1. Produção interna

No ano de 2013, a produção brasileira de grafita natural beneficiada foi de 91.908 mil toneladas, um acréscimo de 4,2% (3.808 t) em relação ao ano de 2012 (Dalla Costa *et al.* 2017). A produção brasileira atende a demanda interna de grafita natural do tipo *flake* cristalino e gera excedente exportável.

A maior produtora de grafita natural beneficiada é a Nacional de Grafite Ltda., responsável por 96% da produção brasileira total, lavra grafita natural nos municípios de Itapecerica, Pedra Azul e Salto da Divida, no estado de Minas Gerais. A Nacional de Grafite

beneficia o minério, gerando cerca de 70.000 toneladas anuais de grafita de diferentes características para o mercado.

A empresa JMN Mineração S/A, que lavra minério de grafita no município de Mateus Leme, em Minas Gerais, produziu 2,0% do total de grafita em 2013, que foram destinadas ao mercado após simples moagem, vendida para produtores de ferro-gusa.

A Extrativa Metalquímica S/A explora e beneficia minério de grafita na sua unidade do sul da Bahia, no município de Maiquinique, e produziu aproximadamente 2% da grafita nacional.

6.2. Importação

Nas importações de grafita natural as diferenças de preços dependem do teor de carbono contido. Em 2013, a quantidade importada de bens primários de grafita natural foi de 1.106 toneladas, a um preço médio US\$ FOB (*free on board*) de 2.647/t; enquanto que, no ano de 2013, as importações foram 10% menores, em relação à quantidade importada em 2014 (Dalla Costa *et al.* 2017). Os principais fornecedores foram China (43%), Japão (23%), Alemanha (14%), Coréia (6%) e Estados Unidos (5%).

6.3. Exportação

No ano de 2013, a exportação de bens primários (grafita natural) atingiram 20.311 toneladas, gerando um faturamento de US\$ FOB 32,2 milhões 2013 (Dalla Costa *et al.* 2017). Em relação ao ano anterior, houve um decréscimo de 11% na quantidade exportada. Desde 2011 vem ocorrendo redução das exportações de grafita natural brasileira. Os principais países de destino dos bens primários de grafita com alto teor de carbono após beneficiamento foram: Alemanha (32%), Estados Unidos (17%), Bélgica (14%), Reino Unido (6%) e Japão (4%). Foram exportadas 3.931 toneladas em produtos manufaturados de grafita no ano de 2013, gerando US\$ 21,0 milhões. Os principais compradores foram: Argentina (45%), Bélgica (12%), Estados Unidos (8%), Costa Rica (6%) e Turquia (4%).

6.4. Consumo interno

O consumo aparente de grafita natural do Brasil aumentou para 72.703 t em 2013 (Tabela 4), um aumento de 9,6% em relação ao ano de 2012. Na estrutura de consumo de grafita no Brasil, se destacam os seguintes setores: indústria siderúrgica e fundição; baterias; refratário; tintas e vernizes; graxas e lubrificantes, entre outros usos. A grafita em flocos cristalinos, usada principalmente em baterias e refratários, foi responsável por grande parte do consumo no Brasil em 2013. O uso da grafita granulada é amplo e sua aplicação e preço dependem da pureza e do tamanho das partículas.

O preço da grafita (Tabela 4) está diretamente relacionado às suas propriedades e ao teor de carbono, ou seja, como foi dito acima, dependem do tamanho dos flocos e da sua pureza. Com a demanda por grafita de alta qualidade e de alto teor de carbono podemos notar (Tabela 4), ao longo do ano de 2013, um ligeiro aumento nos preços para a maioria das formas de grafita cristalina, com os preços médios aumentando entre 3% e 14%. Já para

as categorias de grafita menor pureza (menor teor de carbono e tamanho dos flocos), houve uma pequena queda nos preços (entre 6% e 3%). Estima-se que o mercado de grafita cresça significativamente ao longo dos próximos anos devido à indústria automotiva (avanços tecnológicos nos automóveis) e a tendência crescente de aparelhos eletrônicos de ponta. Além disso, prevê-se que as aplicações de grafita na indústria de produtos siderúrgicos e outras aplicações importantes aumentem a demanda ao longo dos próximos anos.

Tabela 4. Principais estatísticas - Brasil

	Discriminação	Unidade	2011(r)	2012 (r)	2013 (p)
Produção	Concentrado (produção beneficiada)	(t)	105.188	88.110	91.908
Importação	Concentrado	(t)	1.410	1.234	1.106
		(103 US\$-FOB)	2.906	2.668	2.647
Exportação	Concentrado	(t)	24.202	22.993	20.311
		(103 US\$-FOB)	34.348	37.256	32.169
Consumo Aparente (1)	Concentrado (produção beneficiada)	(t)	82.396	66.351	72.703
Duoses	Bens primários - importação (2)	(US\$/t-FOB)	2.061	2.162	2.393
Preços	Bens primários - exportação (3)	(US\$/t-FOB)	1.419	1.620	1.583

Fonte: Dalla Costa et al. 2017.

6.5. Projetos em andamento e/ou previstos

Novas oportunidades estão surgindo na indústria de grafita e tem havido um progresso significativo na exploração de minas desse bem mineral, a fim de aumentar a qualidade do produto final para os consumidores. No Brasil, em 2017, existiam 26 concessões de lavra (23 em MG, 2 na BA e 1 no CE) e 55 requerimentos de lavra (42 em MG, 5 no CE e 8 na BA) para grafita. Em relação à pesquisa mineral, são 240 autorizações e requerimentos, concentrados em Minas Gerais, Bahia e Ceará.

Entre os projetos, alguns já se encontram em avaliação: Itabela/BA (Sayoná Mining), que está em fase avançada de testes em planta piloto, e Canindé/CE (Lara/Focus), indicando um cenário futuro bastante promissor da mineração de grafita no Brasil. Outros em fase de expansão, como a empresa Nacional de Grafite, principal empresa produtora, anunciou projetos de ampliação de suas plantas de beneficiamento nas unidades produtivas de Pedra Azul e Salto da Divisa (Heider 2017), localizadas no estado de Minas Gerais, com previsão para a implantação integral dessas plantas de beneficiamento para o ano de 2020, com o fim de aumentar a produtividade. Visando o mercado para a tecnologia do grafeno, cujo desafio, neste momento, é tornar a produção do material viável comercialmente e em larga escala, a CODEMGE, em parceria com o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN), está desenvolvendo a tecnologia para a produção do grafeno por esfoliação química da grafita para a primeira planta piloto de grafeno em escala industrial do Brasil. A previsão para desenvolver a tecnologia e implantar a fábrica, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, é para 2019.

⁽¹⁾ Consumo aparente= produção+importação-exportação; (2) preço médio de bens primários base importação brasileira; (3) preço médio de bens primários base exportação brasileira (r) revisado; (p) preliminar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. Revista Brasileira de Geociências, 7(4):349-364.
- Belém J. 2006. Caracterização mineralógica, física e termobarométrica de minérios de grafita da Província grafítica Bahia-Minas. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 164 p.
- Chaves A.O., Campello M.S., Pedrosa-Soares A.C. 2015. Idade U-Th-Pb_T de monazitas do sillimanita-cordierita-granada-biotita gnaisse de Itapecerica (MG) e a atuação da Orogenia Riaciano-Orosiriana no interior do Craton São Francisco meridional. São Paulo, UNESP, *Geociências*, **34**(3):324-334.
- Daconti B.C. 2004. Contexto geológico, controle e correlação regional das mineralizações de grafita da região de Almenara, Província grafítica do nordeste de Minas Gerais. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 95 p.
- Dalla Costa M.M., Fernandes L., Duarte J.E.C., Recuero J.C. (coords.). 2017. *Anuário mineral estadual Minas Gerais. Anos base 2010 a 2014.* Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 133 p.
- Donoso J.P. 2018. *Termodinâmica dos Sólidos, Capítulo 7 Material de Aula* Disponível em http://www.ifsc.usp.br/~donoso/termodinamica/capitulo7.pdf. Acesso em 6/7/2018.
- Faria L.F. 1997. Controle e tipologia de mineralizações de grafita flake do nordeste de Minas Gerais e sul da Bahia: uma abordagem regional. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 102 p.
- Fernandes R.A. 2001. Etapas de formação de crosta continental (do Mesoarqueano ao Mesoproterozóico) no Cráton São Francisco. Dissertação de mestrado, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 128p.
- Gonçalves-Dias T., Pedrosa-Soares A.C., Dussin I.A., Alkmim F.F., Caxito F.A., Silva L.C., Noce C.M. 2011. Idade máxima de sedimentação e proveniência do Complexo Jequitinhonha na área-tipo (Orógeno Araçuaí): primeiros dados U-Pb (LA-ICP-MS) de grãos detríticos de zircão. *Geonomos*, **19**(2):121-130. doi: 10.18285/geonomos.v19i2.48
- Guimarães D. 1970. Arqueogênese do ouro na região central de Minas Gerais. DNPM DFPM, Boletim 139.
- Guimarães F.R. 2000. Uso de Imagem de Satélite Landsat 5/TM e Sistema de Informações Geográficas no Estudo Geológico da Província Grafítica Minas-Bahia: Setor Noroeste. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 106 p.
- Hand G.P. 1996. Graphite: applications & developments. Industrial Minerals, 342:69-72.
- Harben P.W. & Bates R.L. (eds.). 1990. *Industrial minerals geology and world deposit*. Industrial Minerals Division, Metal Bulletin, Londres, 312 p. ISBN: 0947671285.
- Harben P.W. & Kuzvart M. 1996. *Industrial Minerals, a global geology*. Industrial Minerals Information Ltd. Surrey, England, 462 p. ISBN: 1900663074
- Harben P.W. 1999. *The industrial minerals handybook: a guide to markets, specifications & prices.* UK, Industrial Minerals Services. 3^a ed. 306 p. ISBN: 1900663511
- Heider M. 2017. Potencialidades da cadeia produtiva da grafita no Brasil: do Recurso Mineral ao Grafeno. *In: The Mine*, **65**:9-12
- Klein C. & Hurlbut C.S.Jr. 1995. *Manual of Mineralogy* (after James Dana), 21st. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1999, 681 p.
- Kuzvart M. (ed.). 1984. Industrial minerals and rocks. Elsevier, Amsterdã, v. 18, 454 p. ISBN: 9780444996053
- Mina A.N., Awadallah A.A., Phillips A.H., Ahmed R.R. 2012. Simulation of the Band Structure of Graphene and Carbon Nanotube. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 343, 12 p. doi: 10.1088/1742-6596/343/1/012076
- Lupan O., Postica V., Mecklenburg M., Schulte K., Mishra Y.K., Fiedler B., Adelung R. 2016. Low powered, tunable and ultra-light aerographite sensor for climate relevant gas monitoring. *Journal of Materials Chemistry A*, **4**(42):16723–16730. doi: 10.1039/C6TA05347E

- Martins V.T.S., Teixeira W., Noce C.M., Pedrosa-Soares A.C. 2004. Sr and Nd characteristics of Brasiliano/Pan-African granitoid plutons of the Araçuaí Orogen, southeaestern Brazil: tectonic implications. *Gondwana Research*, **7**(1):75-89. doi: 10.1016/S1342-937X(05)70307-5
- Pedrosa-Soares A.C. & Wiedemann-Leonardos C.M. 2000. Evolution of the Araçuaí belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil. *In:* Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, 31° International Geological Congress, p. 265-285.
- Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Wiedemann C.M., Pinto C.P. 2001. The Araçuaí–West-Congo orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Research*, **110**(1-4):307-323. doi: 10.1016/S0301-9268(01)00174-7
- Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Silva L.C., Cordani U.G., Alkmim F.F., Babinski M. 2005. Orógeno Araçuaí: Estágio atual do conhecimento geotectônico. *In*: 3º Simpósio do Cráton do São Francisco, Salvador. *Anais...* SBG, p. 243-246.
- Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Alkmim F.F., Silva L.C., Babinski M., Cordani U.G., Castañeda C. 2007. Orógeno Araçuaí: Síntese do Conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Geonomos*, **15**(1):1-16. doi: 10.18285/geonomos.v15i1.103
- Pedrosa-Soares A.C., Babinski M., Noce C.M., Martins M., Queiroga G., Vilela F. 2011. The Neoproterozoic Macaúbas group, Araçuaí orogen, SE Brazil. *In:* Arnaud E., Halverson G.P., Shields-Zhou G. (eds.). The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations. London, Geological Society, *Geological Society of London, Memoirs*, **36**:523-534. doi: 10.1144/M36.49
- Pinto C.P. & Silva M.A. 2014. *Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, Escala 1:1.000.000*. Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, CODEMIG e Serviço Geológico do Brasil, CPRM.
- Queiroga G.N. & Figueiredo J.B. 2004. *Geologia da área de Marobá-São Domingos, nordeste de Almenara (MG), com ênfase no depósito de grafita*. Trabalho de graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 63 p.
- Reis L.B. 1999. Estudos de mineralizações de grafita no extremo nordeste de Minas Gerais. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 87 p.
- Romano A.W. 2007. Geologia da Folha Pará de Minas SE.23-Z-C-IV, escala 1:100.000. Edição revista e atualizada. *In: Programa Geologia do Brasil*, Brasília, CPRM-UFMG.
- Spear F.S. 1995. *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths*. Washington, DC: Mineralogical Society of America. 799 p. ISBN: 0939950340
- Teixeira W., Carneiro M.A., Noce C.M., Machado N., Sato, Taylor P.N. 1996. Pb, Sr and Nd isotope constraints on the Archean evolution of gneissic-granitoid complexes in the southern São Francisco Craton, Brazil. *Precambrian Research*, **78**(1-3):151-164. doi: 10.1016/0301-9268(95)00075-5
- Teixeira W., Sabaté P., Barbosa J., Noce C.M., Carneiro M.A. 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco craton. *In:* Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, 31° International Geological Congress, Rio de Janeiro, p. 101-137.
- Uhlein A., Egydio-Silva M., Bouchez J.L., Vauchez A. 1998. The Rubim pluton (Minas Gerais, Brazil): a petrostructural and magnetic fabric study. *Journal of South American Earth Sciences*, **11**(2):179-189. doi: 10.1016/S0895-9811(98)00009-1
- USGS United States Geological Survey. 2014. *Mineral Commodity Summaries 2014*. U.S. Geological Survey, 196 p. ISBN: 9781411337657
- Whittington A., Connelly J., Pedrosa-Soares A.C., Marshak S., Alkmim F.F. 2001. Collapse and melting in a confined orogenic belt: Preliminary results from the Neoproterozoic Araçuaí belt of eastern Brazil. *In*: American Geophysical Union Meeting, 2001, San Francisco. *Abstract* T32B-0895., v. 82, p. 1181-1182.